ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR

L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Fusionnée avec

L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

(Fondée par Le Verrier en 1864)

Reconnue d'utilité publique.

CONGRÈS DE PARIS

1889

M. Charles HENRY

LOI GÉNÉRALE DES RÉACTIONS PSYCHO-MOTRICES



PARIS
AU SECRÉTARIAT DE L'ASSOCIATION
A l'Hôtel des Sociétés savantes
28, RUE SERPENTE, 28

ASSOCIATION FRANÇAISE
POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Fusionnée avec

L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

(Fondée par Le Verrier en 1864).

CONGRÈS DE PARIS — 1889.

M. Charles HENRY

Bibliothécaire de l'Université, à Paris.

SUR UNE LOI GÉNÉRALE DES RÉACTIONS PSYCHO-MOTRICES.

— *Séances des 10, 12 et 13 août 1889.* —

Le présent mémoire est le résumé de trois communications que je fis à trois Sections de l'Association française : le 10 août 1889, à la Section de physique, sur le principe et la graduation d'un thermomètre physiologique et le coefficient de dilatation des gaz parfaits ; le 12 août, à la Section de pédagogie, sur l'éducation du sens des formes et du sens de la couleur; le 13, à la Section de zoologie, sur la dynamogénie et l'inhibition. Pour éviter des renvois et des répétitions inutiles, je réunis en ces pages ces travaux, qui, différents en apparence, sont le développement des mêmes principes. Rappelant les conceptions fondamentales exposées en tête de mon *Cercle chromatique* et de mon *Rapporteur esthétique*, j'indique le principe d'une classification des sensations d'après les types possibles de leurs expressions motrices chez mon être simplifié; j'énonce les lois générales de leurs harmonies. J'insiste particulièrement sur les sensations de lumière, de pression, d'effort musculaire, celle-ci présentant de remarquables confirmations expérimentales ; j'expose les moyens de définir par des nombres les odeurs et les saveurs et de déterminer le système physiologique des températures ; enfin, je termine par quelques considérations physiologiques et mathématiques sur la dynamogénie et l'inhibition.

I

1. Tous les physiologistes connaissent les phénomènes que M. Brown-Séquard a rapportés à la dynamogénie et à l'inhibition et qui peuvent être définis ainsi : sont dynamogènes toutes les irritations capables d'accroître dans l'unité de temps le travail mécanique correspondant à une fonction ; sont inhibitoires toutes les irritations qui ont l'effet inverse (*).

La première fois que l'on observa les efforts intenses et rapides ou les arrêts subits de l'être vivant sous l'influence de certaines excitations, on connut la dynamogénie et l'inhibition. Ce sont les frères Weber qui, les premiers, ont constaté par l'expérimentation et publié (*Annali universali di medicina*, vol. CXVI, p. 227, novembre 1845) un fait d'inhibition. Irritant sur une grenouille, à l'aide d'une forte machine galvanique, la moelle allongée ou les bouts des nerfs vagues coupés à leur origine, ils virent le cœur tout à coup privé de mouvement. Depuis cette époque, un grand nombre de découvertes sont venues se ranger dans ces deux catégories qui représentent évidemment les deux conceptions les plus générales de la mécanique physiologique. Nous n'avons pas d'autre question à nous poser que celle-ci : prévoir le sens et la quantité dont un ou plusieurs excitants successifs ou simultanés feront varier une fonction physiologique, mesurable, sinon actuellement mesurée, par son équivalent mécanique, en elle-même et dans ses rapports avec les autres fonctions.

2. La première caractéristique qui complique l'étude de ces phénomènes est leur renversement suivant l'état normal et suivant l'état pathologique; c'est une vérité souvent oubliée, quoique établie par des faits nombreux. On sait que, dans un muscle qui subit une pression, on constate d'abord une élévation de température, puis un abaissement dès que la fatigue se produit et qu'apparaissent divers produits de décomposition, comme l'acide lactique. Le renversement est, dans cette expérience, bien caractérisé ; mais il est des cas où nous le notons sans pouvoir en préciser le caractère ; telles sont les excitations des couches motrices corticales du cerveau qui déterminent sur les membres, tantôt des actions croisées, tantôt des actions unilatérales. Il est donc très important qu'on puisse déduire de points de vue théoriques les excitations et les variations d'excitation, normalement dynamogènes ou inhibitoires de telle fonction. De même qu'en physique on conçoit un état des gaz, défini par les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, qu'on appelle *parfait* et

(*) En réalité, tous ces phénomènes sont des modifications de puissance, mais des modifications de puissance ne peuvent être mesurées que par des modifications de travail dans l'unité de temps, c'est-à-dire d'action.

auquel on rapporte les propriétés des gaz et des vapeurs, il s'agit de concevoir des états physiologiques normaux, auxquels on rapporterait les autres états, avec cette différence que l'état normal de l'être vivant devrait être défini, si possible, par des caractères correspondant à des propriétés réelles et persistantes du système nerveux, ce qui n'est pas le cas de l'état parfait pour les gaz.

3. Siège et instrument de la vie psychique, le système nerveux est le régulateur de la machine animale. Il gouverne la nutrition, car on observe après la section des nerfs d'une partie, tantôt un accroissement, tantôt une atrophie des tissus. Il dirige la circulation, car, en général, suivant que l'on sectionne ou que l'on excite les nerfs d'une région, la pression sanguine augmente ou diminue ; quelquefois, l'effet inverse se produit. La section des nerfs vaso-moteurs augmente la température des régions qu'ils desservent, tandis que l'excitation de ces nerfs abaisse cette température. Ces abaissements ou ces diminutions ne sont pas dûs seulement à une dilatation ou à une paralysie des vaisseaux, entraînant, suivant l'accès plus ou moins grand du sang, des combustions moléculaires plus ou moins intenses ; les présents points de vue conduisent à affirmer qu'ils proviennent, comme depuis longtemps M. Brown-Séquard en a exprimé l'idée, de modifications thermiques du nerf. Or nous connaissons l'influence des variations de pression, de température, d'électricité sur les renversements de ces mélanges d'un corps et de ses produits de décomposition qu'on appelle *équilibres chimiques*. On conçoit qu'en modifiant les facteurs pression, électricité, température, le système nerveux peut transformer la composition intime des tissus en un milieu toxique et produire des renversements continus de réactions.

Ce problème : « Quelles sont les lois des actions normalement dynamogènes ou inhibitoires du système nerveux moteur ? » n'est évidemment pas abordable directement par la chimie et par la mécanique ; nous ne savons pas encore, d'ailleurs, déterminer les « fonctions caractéristiques » des corps ; mais, grâce à un détour et par une méthode symbolique, il est possible, comme j'espère pouvoir le démontrer, de le résoudre dans certaines limites pour les excitations sensorielles élémentaires.

II

4. Partant de la corrélation bien établie entre les états de dynamogénie et d'inhibition d'une part, et les états de plaisir et de peine d'autre part, ainsi que de la généralité des phénomènes d'*expression*, je me suis demandé si, au point de vue de la conscience et par là même objectivement puisque tout s'exprime, derrière l'extrême complexité des mouve-

ments il n'y avait pas des moyens d'expression simples et abstraits, adaptés rigoureusement aux divers degrés de plaisir et de peine, et des lois nécessaires desquels on pourrait déduire, en sens et en quantité, les symboles des états de dynamogénie et d'inhibition et, en conséquence, ces états eux-mêmes, quel que soit leur mécanisme physico-chimique.

Notre conscience représente chacun de nous comme un centre doué de polarité ; nous associons avec les directions de bas en haut, de gauche à droite, d'arrière en avant les excitations agréables, avec les directions contraires les excitations pénibles, et ces deux caractéristiques, plaisir et peine, sont les plus générales. Nous situons les excitants dans un plan subjectif quand nous parlons de sons *hauts* et *bas*. Dans une longue série d'expériences, dont la valeur scientifique n'est pas contestée et vérifiées depuis pour la plupart, le chevalier de Reichenbach a constaté que les sujets dits *sensitifs* attribuent une situation particulière à chaque couleur, notamment la gauche au bleu, la droite au jaune, et sont péniblement impressionnés par toute situation non conforme à la situation normale. Ces faits, dont je suis parvenu à établir la généralité relative par des enquêtes statistiques en cours d'exécution, se compliquent chez quelques sujets et chez certains peuples, dans l'Inde par exemple, d'un symbolisme beaucoup plus complexe. Ils sont à la fois subjectifs et objectifs, comme le prouvent mes expériences concernant l'influence de chaque couleur sur le tracé des traits dans une certaine direction et sur les variations de grandeur apparente des surfaces dans un sens déterminé. Il en résulte que des directions différentes du geste sont suggérées par des excitations différentes. Réciproquement, des excitations différentes sont suggérées par des directions différentes ; c'est ce que prouvent les expériences dynamométriques du Dr Féré, concernant l'influence sur des hystériques de la vision de disques tournant, soit de gauche à droite, soit de droite à gauche, et les expressions caractéristiques de tous les états de plaisir et de peine que produit chez des hypnotisées la vision des différentes directions du bras de l'expérimentateur. J'ai été autorisé ainsi à attribuer à des points dirigés sur un plan une importance considérable dans la symbolique mentale. Mais nous savons qu'il y a entre tous les faits provoquant des états psycho-physiologiques analogues de plaisir ou de peine des associations inséparables. Si tout mouvement d'expression, si compliqué qu'il soit, suggère un changement de direction du geste, symbolique des états de dynamogénie et d'inhibition perçus en exécutant ce mouvement, *la mise en perspective, en général, des schèmes rationnels de l'objet deviennent des correctifs nécessaires de cette déformation subjective* ; d'autre part, la forme circulaire s'impose consciemment ou non dans notre représentation : en effet, le changement infiniment petit de rayon nécessaire pour tracer les deux points successifs d'une courbe différente

d'un cercle est pour l'être vivant l'occasion d'un travail infini ou d'un empêchement, puisque, en vertu de la diminution progressive du minimum perceptible, la nécessité d'imaginer entre deux points successifs de la courbe, si rapprochés qu'ils soient, une infinité d'autres points, est un effort de réalisation de ces points toujours stérile, au moins idéalement. Bref, on est conduit à voir l'instrument nécessaire et suffisant de la symbolique psychique dans un mécanisme composé d'un centre muni d'appendices, dont tous les mouvements sont des cycles de rayons variables et qui exprime, d'une part toutes les excitations, d'autre part le travail physiologique correspondant, par des changements de direction dans le plan. La simplicité de cet être *tactile* n'est pas arbitraire : elle doit être bien distinguée des simplifications nécessaires qu'on introduit pour le calcul. Cet être est un fait fondamental, dont on doit pouvoir déduire *ce qui doit être* dans des conditions données de notre représentation. D'ailleurs, il répond le mieux au caractère de simplicité d'un schème *intelligent*, comme celui qu'il s'agit de restituer.

5. Pour la facilité de l'exposition, je vais transformer immédiatement cet être en un être concret, c'est-à-dire considérer une masse douée de vie et d'intelligence, par conséquent d'une physico-chimie complexe, munie de quatre appendices rigides, capables de se mouvoir de bas en haut et de droite à gauche dans un plan et, dans des plans perpendiculaires à celui-ci d'avant en arrière et d'arrière en avant, la masse étant capable de se déplacer dans toutes les directions. Chaque appendice, pour satisfaire aux exigences de la représentation, décrit seulement des cônes circulaires droits ayant pour sommet commun le centre de rotation de l'appendice. L'état normal de cet être est défini une tendance à produire du travail et à changer le mode de cette action. Il a du monde une représentation déformée quand elle est consciente, mais rigoureuse quand elle est inconsciente et conforme à des lois d'une mathématique spéciale qu'il s'agit de restituer : on connaît la remarquable sûreté des phénomènes inconscients d'instinct et de somnambulisme. Les résultats de ses calculs lui apparaissent subjectivement sous forme de plaisir et de peine, objectivement sous forme de dynamogénie et d'inhibition. Le problème est de restituer la symbolique spéciale qui lui fait attribuer à tel excitant tel point dirigé et de déterminer les conditions de continuité et de discontinuité d'action de son mécanisme, lesquelles correspondent évidemment à des possibilités ou à des impossibilités de travail circulaire, symboliques des états subjectifs de plaisir et de peine, des états objectifs de dynamogénie et d'inhibition.

6. On voit immédiatement que la forme des mouvements de notre être étant circulaire ou plutôt pseudo-circulaire (*), il sera capable de décrire

(*) Les appendices droits doivent être considérés comme plus grands que les appendices gauches. L'expérience nous apprend qu'il y a toujours une certaine dissymétrie des formes corrélative d'une

continûment tous les cycles de rayon inférieur ou égal à celui de ses divers appendices, tandis que tous les cycles qui dépassent ceux-ci ne pourront être décrits que discontinûment ou par points. Les cycles décrits par la mise en jeu simultanée des quatre appendices dans un plan sont dits relativement discontinus, car ils présentent au moins quatre points d'arrêt, en haut, en bas, à droite, à gauche. Enfin, les cycles qui exigent pour être décrits une translation et ne peuvent l'être que par points sont dits absolument discontinus. En général, pour la mathématique inconsciente rigoureuse de l'être, est absolument discontinu tout tracé qui exige un changement infiniment petit de rayon (§ 4). Les cycles nous présentent, suivant leur degré de continuité ou de discontinuité, un premier système d'expression de la dynamogénie ou de l'inhibition.

7. Il est facile de déterminer sur notre être les expressions motrices des trois grands faits psychiques élémentaires : la sensation, qui, considérée objectivement, est l'ensemble des modifications imposées aux mouvements des divers organes (*) ; l'idée, c'est-à-dire la synthèse de ces modifications en un groupe expressif ; la volonté, c'est-à-dire l'ensemble des actes directeurs et coordonnateurs de la sensation et de l'idée. La sensation se représentera par des points d'arrêt sur le schème, tandis que l'idée se représentera par des tracés continus ; par exemple, pour percevoir une forme, notre être *voudra* se transporter sur chaque point du contour perspectif ; des sensations correspondront aux différents points d'arrêt ; l'idée sera la synthèse de ces points en une réalisation expressive du contour. La sensation doit être rapportée, quand elle atteint un certain degré d'intensité, à l'inhibition motrice, quoiqu'elle soit évidemment en elle-même plus ou moins dynamogène. Ce point de vue concorde

inégalité des forces, les parties plus exercées se développant plus, jusqu'à une certaine limite, que les parties moins exercées Nous négligerons toutefois cette dissymétrie. Nous la signalons, car il semble qu'on peut y rattacher l'origine de la dynamogénie et l'inhibition des directions. En effet, le point auquel correspond le maximum de travail exécuté par l'appendice supérieur droit, par exemple, est le point situé en haut ; le point auquel correspond le minimum de travail est le point situé en bas. Lorsque cet appendice sera arrivé en bas, par définition de l'état normal, lequel tend à l'action (§ 5), l'appendice gauche tendra à s'élever. Réciproquement, l'appendice droit étant en haut, l'appendice gauche tendra à se diriger en bas. L'être associera donc les maxima de travail avec les directions réelles à droite et en haut de son appendice droit et avec les tendances à gauche et en bas de son appendice gauche, les minima de travail avec les directions réelles en bas et à gauche de son appendice droit, avec les tendances en haut et à droite de son appendice gauche. Quoique cette tendance en haut de l'appendice gauche corresponde à une tendance à exécuter un travail, comme cet appendice est plus court et, conséquemment, moins pesant que l'appendice droit, le travail, s'il se réalisait, serait toujours moindre que le travail de l'appendice droit. En général, comme l'appendice droit est le plus fort et que, pour l'expression, il sera employé en conséquence chez les droitiers considérés comme normaux préférablement à l'appendice gauche, les directions en haut et à droite exprimeront le plaisir ou la dynamogénie, les directions en bas et à gauche, la peine ou l'inhibition.

(*) Tout revient dans les conditions de production de la sensation à des résistances aux mouvements, si l'on accepte les théories physico-mécaniques actuelles. On avait remarqué depuis longtemps que beaucoup d'organismes inférieurs réagissent à des excitants différenciés sans organes sensitifs différenciés. M. Raphaël Dubois vient d'enregistrer par la méthode graphique l'influence de variations très faibles de lumière et de couleur ainsi que de traces de substances sapides sur les contractions du siphon de la *Pholas dactylis*, lequel est tapissé par une couche d'éléments morphologiquement identiques.

avec les faits physiologiques qui établissent entre l'hyperesthésie et la paralysie, l'anesthésie et l'excitation de la moelle épinière et du bulbe rachidien une corrélation intime. L'idée doit être rapportée à la dynamogénie, la volonté à l'une et à l'autre. L'hallucination ou la transformation d'une idée en une sensation, l'hyperesthésie ou ce degré de la sensation non réglé par la volonté sont des états d'inhibition.

8. La théorie du contraste a pour objet de fixer la figuration subjective de toutes les fonctions mathématiques, de déterminer des unités naturelles en vertu de convenances particulières impliquées par la vie et l'intelligence (*), de préciser les influences réciproques des sensations les unes sur les autres et les modifications subjectives consécutives.

9. Recherchons d'abord par quels procédés notre être peut symboliser des opérations mathématiques et réciproquement avoir des suggestions de ces opérations. Un moyen naturel de symboliser l'addition est présenté par des tracés successifs d'arcs de cercle à partir d'une origine. De même que des excitants successifs se groupent par la mémoire, l'arc de cercle total est la somme de ses parties. Des arcs tracés en sens inverse, symboliques de l'élimination successive d'excitants, expriment naturellement la soustraction. C'est la convention que, bien avant Descartes, ont adoptée les Étrusques et les Latins dans leurs systèmes de chiffres, quand ils donnaient à une barre située à gauche une valeur soustractive, à une barre située à droite une valeur additive (VI = 6, IV = 4) (**).

10. La multiplication étant caractérisée par l'hétérogénéité des facteurs sera symbolisée naturellement par des tracés simultanés et synchrones de groupes d'arcs de cercle, au moyen de la droite et de la gauche, chaque groupe exprimant le nombre d'unités du facteur. Toute multiplication revient en même temps à une mesure de surface. En effet, supposons l'être sollicité simultanément dans deux directions que nous pouvons supposer toujours contrastant au maximum (90°), puisque tel est le symbole le plus parfait de toute différence ; il ne peut pas penser simultanément aux directions *oa*, *ob*, ni se mouvoir simultanément dans ces sens. S'il se suppose sollicité d'abord seulement dans la direction *oa*, il se transporte en *a* ; mais il doit prendre alors la direction *ob* ; il s'en rapprochera autant que possible en suivant une direction perpétuellement équidistante, c'est-à-dire la parallèle *ob* jusqu'en *c*. S'il se suppose sollicité d'abord seulement dans la direction *ob*, il se transporte en *b* ; mais il doit prendre alors la direction *oa* ; il s'en rapprochera autant

(*) Une de ses applications les plus précieuses à l'anthropologie sera l'interprétation des procédés inconscients de mesure qui ont laissé dans le langage des traces profondes et différentes, suivant la psychologie des peuples. On sait que pour exprimer les grands nombres les peuples ont employé les nombres suivants : 2, 3, 4, 7, 9, 20, 30, 36, 50, 70, 100, 600, 1000, 10000, etc. Voir ma notice *Sur l'origine de quelques notations mathématiques* (*Revue archéologique*, 1879).

(**) Voir ma notice *Sur l'origine de la convention dite de Descartes* (*Revue archéologique*, avril 1878).

que possible en suivant une direction perpétuellement équidistante jusqu'en c. Il se déplacera donc suivant la diagonale du rectangle oc. Arrivé à la moitié du chemin o', il jalonnera par un de ses appendices le point c, par l'autre le point o. Il continue en ce point ses opérations cycliques et est ainsi conduit à évaluer en minima perceptibles l'aire du rectangle $oacb$, lequel représente le produit des chemins oa, ob ; mais les nombres qui expriment ces chemins sont reportés en vertu de sa constitution sur le cercle dans deux sens contraires ; ce qui est une autre manière de démontrer qu'il symbolise les facteurs d'un produit par des tracés simultanés de groupes d'arcs de cercle.

11. Une succession de n unités peut être toujours considérée comme la simultanéité de ces n unités avec une unité commune qui leur sert de mesure ; si cette unité décroît, les n unités décroissent. On peut donc considérer la division comme symbolisée par des opérations simultanées dans lesquelles l'unité d'un groupe est le produit de l'unité de l'autre par un certain nombre.

12. L'élévation aux puissances est un cas particulier de la multiplication : c'est la réalisation d'un tracé simultanément à lui-même, 1, 2, 3, ... n fois dans l'unité de temps. Comme la division, l'extraction des racines correspond à un changement d'unité, mais à un changement d'unité dans le temps. Si, par exemple, après avoir fait un tracé pendant une seconde, temps minimum nécessaire à un appendice, l'être veut l'exécuter en une demi-seconde, à l'instant où le premier appendice part d'un point a, le second devra partir d'un certain point b ; à l'instant où le premier arrive en b, le second devra être parvenu en c, terme du tracé à exécuter ; chacun des chemins parcourus, ab, bc, égal à l'autre et synchrone à celui-ci, symbolise la racine carrée du nombre symbolisé par ac ; en général, la racine n^e de a est symbolisée par la mise en jeu synchrone de n appendices en $\frac{1}{n^e}$ du temps nécessaire pour le tracé symbolique de a.

13. L'importance pour l'être vivant du nombre e, base des logarithmes naturels, et du nombre 10, base des logarithmes vulgaires, ressort de la symbolique des opérations fondamentales.

L'infiniment petit, quantité essentiellement variable, qui a pour limite zéro, est, pour notre être, la quantité minimum d'excitation nécessaire pour déterminer une sensation quelconque (arrêt), quantité esssentiellement variable avec le temps et suivant des lois complexes, qui peut devenir inconsciente ou nulle pour la conscience ; en un mot, c'est le minimum perceptible. Le nombre $e = 2{,}71818\ldots$ qui est la limite de $\left(1+\frac{1}{n}\right)^n$, n tendant vers l'infini, est la simultanéité, un nombre de fois qui est l'inverse du minimum perceptible de la succession d'un arc quelconque pris pour unité, soit $\frac{1}{k}$, et

du minimum perceptible, c'est-à-dire d'un arc très petit. Or l'arc $\left(\frac{1}{k}+\frac{1}{n}\right)$ ne peut être tracé simultanément à lui-même n fois que par la mise en jeu simultanée de n appendices réduits chacun à être un minimum perceptible et astreints chacun à figurer la somme de deux quantités d'ordres de grandeur différents ; donc le nombre $\left(1+\frac{1}{n}\right)^n$, n tendant vers l'infini, symbolisera ou suggérera un arrêt ou une impossibilité qu'on peut considérer comme élémentaire, puisqu'elle implique les opérations fondamentales les plus simples et juxtapose les quantités les plus petites.

Si l'arrêt symbolise e, l'inverse de ce nombre figurera l'inverse de l'arrêt, c'est-à-dire un mouvement qui commence. En effet, choisissons comme première approximation de e $\frac{27}{10}$; l'être porte, d'après la définition de la division, 27 unités d'un côté, soit à droite, en même temps que $\frac{1}{10}$ de l'unité adoptée de l'autre côté. S'il commence ultérieurement à porter à droite ce $\frac{1}{10}$ et à gauche les 27 unités, il y a évidemment un renversement dans l'état de ses forces, c'est-à-dire la transformation d'un état de dynamogénie en un état d'inhibition ou réciproquement. Mais e est associé à l'inhibition, donc $\frac{1}{e}$ sera associé à la dynamogénie. En général, les inverses figureront des *renversements*.

14. La tendance à produire du travail extérieurement, caractéristique du normal, a pour effet de faire succéder à la sensation actuelle, qui est un arrêt, un mouvement qui s'arrêtera en un certain point et auquel correspondra une sensation, cette fois subjective. D'ailleurs, la persistance d'une sensation entraîne l'inconscience. Quelles sont les sensations contrastantes ? Ce problème se précise immédiatement pour l'être circulaire et devient, à cause de la tendance au changement d'action (§ 5) : Quels sont les points pour lesquels l'appréciation de l'écart, exprimé en fonction du rayon par la droite qui les joint, introduit ou non un élément nouveau ? Ces points diffèrent suivant que l'être décrit le cycle successivement, c'est-à-dire avec un seul de ses appendices, ou simultanément, c'est-à-dire avec ses deux appendices agissant en sens contraire.

Si l'être cherche d'abord sur le cycle les points correspondants au minimum de contraste, on voit qu'ils correspondent au $\frac{1}{6}$ de la circonférence, c'est-à-dire à l'arc sous-tendu par le côté de l'hexagone régulier. L'appréciation de l'écart est une répétition pure ; nous supposons, bien entendu, l'être absolument indifférent au changement de direction dans l'apprécia-

*

tion du triangle équilatéral, ce changement dépendant d'une autre fonction qui sera définie plus loin. Au même point de vue, on trouve que le maximum de contraste successif est $\frac{1}{3}$ de circonférence ; en effet, nous allons voir que le $\frac{1}{2}$ de la circonférence correspond à un autre minimum de contraste ; or, pour aller aussi loin que possible sur le cercle sans atteindre ce point qui détermine une répétition et sans subir la répétition du minimum de contraste successif, l'être devra évidemment s'arrêter en un point tendant à la limite vers le $\frac{1}{3}$ de la circonférence.

Deux directions réalisées simultanément contrastent au minimum quand elles sont distantes d'une demi-circonférence, car l'appréciation de l'écart pour la direction contraire jalonnée par un des appendices ne peut être que le parcours du diamètre en sens inverse, ce qui est une répétition pure. Si deux appendices partent d'un même point, il y a en ce point contraste minimum, minimum quand ils sont distants de 180° ; donc, il y aura contraste maximum quand ils seront distants de $\frac{1}{4}$ de circonférence.

15. Nous venons de voir que le contraste est mesuré par la longueur des éléments nouveaux en fonction du rayon, introduits par un changement de direction. Le point initial-final de la circonférence, comme de toute courbe fermée, a la propriété d'être à la fois le plus éloigné et le moins éloigné possible de l'origine. Un contraste à la fois maximum et minimum, comme celui du nombre 12 ($6 \times 2 = 3 \times 4$), sera donc convenablement exprimé par le point initial-final de la circonférence et il y aura entre ce nombre et le cycle complet une association inséparable et féconde. Le minimum de contraste successif est $\frac{1}{6}$. Cet arc compté en sens inverse du mouvement, à partir du point d'origine, détermine un arrêt lequel coïncide avec le point qui marque la mesure 10, puisque le cercle est divisé en douze parties égales. Le nombre 10 représente donc le maximum de contraste successif, *abstraction faite de tout point de vue simultané* et que nous appellerons *absolu*, par opposition au contraste *relatif* dont le maximum successif est 3.

Le logarithme naturel et le logarithme vulgaire correspondent à la réduction de tous les mouvements à des degrés de simultanéité de l'arrêt élémentaire et du maximum de contraste successif absolu.

16. Tandis que les opérations élémentaires conviennent parfaitement à un être inconscient qui figurerait des objets finis, les opérations transcendantes impliquent toutes la conscience, en ce qu'elles reposent toutes sur la notion d'infiniment petit, qui ne peut être présentée à l'être vivant que par le minimum perceptible.

On définit la *dérivée* d'une fonction $f(x)$, quand elle existe, la limite du rapport $\frac{f(x+h)-fx}{h}$, lorsque h tend vers zéro suivant une loi quelconque et on l'exprime par le symbole $f'(x)$. Cette notion correspond à une opération en général essentielle pour la conscience de l'être vivant. Lorsque notre être a une perception (réalise un mouvement), cette perception devient inconsciente, s'il ne complète le mouvement par un mouvement très petit qui détermine un changement et s'il ne répète pas après chaque changement le mouvement initial qu'il exécutera en sens inverse pour éviter une répétition. Ce mouvement est $f(x)$, le minimum perceptible variable est h, la succession du changement et du mouvement initial en sens inverse est $f(x+h)-f(x)$; il est naturel de la rapporter à h, de sorte que la dérivée correspond à la transformation que notre être doit en général faire nécessairement subir au mouvement initial $f(x)$ pour assurer la conscience de ce mouvement : elle proviendrait subjectivement des considérations simultanées des minima perceptibles variables pris pour unités avec les considérations successives des variations infiniment petites de perception rapportées à la perception initiale.

La définition de la dérivée $f'(x) = \lim. \frac{f(x+h)-fx}{h}$ peut s'écrire :

$$\frac{f(x+h)-f(x)}{h} = f'(x) + \varepsilon,$$

ε étant infiniment petit en même temps que h, d'où :

$$f(x+h) - f(x) = h\left[f'(x) + \varepsilon\right].$$

La partie principale de cette différence $hf'(x)$ est la *différentielle* de $f(x)$ qu'on exprime par le symbole $df(x)$. C'est pour notre être le gros terme de la différence entre deux variations successives infiniment petites de perception ou de mouvement.

Si la fonction de x est x lui-même, on a $dx = h$, et par suite, en général :

$$df(x) = f'(x)dx.$$

On appelle *intégrale* entre les limites x_0, x_1 de la différentielle $f'(x)dx$ et on exprime par le symbole $\int_{x_0}^{x_1} f'(x)dx$ la limite $f(x_1) - f(x_0)$ vers laquelle converge la somme des produits :

$$f'(x_0)\frac{x_1-x_0}{n} + f'\left[x_0 + \frac{x_1-x_0}{n}\right]\frac{x_1-x_0}{n}$$
$$+ f'\left[x_0 + 2\frac{x_1-x_0}{n}\right]\frac{x_1-x_0}{n}$$
$$+ \dots + f'\left[x_0 + (n-1)\frac{x_1-x_0}{n}\right]\frac{x_1-x_0}{n},$$

quand $\frac{x_1 - x_0}{n}$ tend vers zéro. Si nous substituons à la dérivée la notion subjectivement équivalente de *transformation motrice nécessaire*, nous voyons que pour notre être l'intégrale correspond au mouvement qui résulte des mouvements exécutés en passant du mouvement initial x_0 au mouvement final x_1, chacun de ces mouvements comprenant simultanément à l'accroissement lui-même la transformation motrice nécessaire de la succession du mouvement initial et des accroissements successifs.

17. Nous n'aurons pas à appliquer dans ce mémoire les notions de dérivée, de différentielle et d'intégrale. Nous supposerons connus les principaux résultats de nos précédents travaux. Nous rappellerons seulement que le rapport $\frac{3}{2}$ est une unité naturelle dynamogène, que les douze premières puissances entières positives ou négatives de ce rapport en constituent la gamme, et nous appellerons l'attention sur l'importance de la réduction de ces intervalles à la première octave, c'est-à-dire de la division ou de la multiplication du nombre par 2 autant de fois qu'il est nécessaire jusqu'à ce que ce nombre soit < 2 et > 1. Cette opération correspond à la réduction d'un angle à un écart plus petit que la demi-circonférence de droite ou de gauche et plus grand que la demi-circonférence de gauche ou de droite; en effet, d'une part, le tracé de tout cercle introduisant par la distinction de la droite et de la gauche les nombres 1 et 2; d'autre part, 1° un écart quelconque, d'après la loi du contraste, n'étant intéressant que comme augmenté ou diminué de $n\pi$ et étant toujours, suivant la nature de la fonction, représenté soit à droite, soit à gauche; 2° cet écart, d'après la loi de la complémentaire, se reportant finalement à gauche s'il est porté initialement à droite, et réciproquement, il faut évidemment, pour qu'un rapport soit symbolisé par un tel écart, le réduire à la première octave.

18. D'une part, la tendance à la production d'un travail extérieur caractéristique de l'état normal; d'autre part, l'intelligence et la mathématique de notre être, qui entraînent pour lui le besoin de préciser ses diverses variations d'excitation, nous conduisent à distinguer deux nouvelles fonctions subjectives: le *rythme* et la *mesure*, en vertu desquelles, suivant leurs schèmes par des points dirigés, les variations d'excitation sont dynamogènes ou inhibitoires.

D'après le principe, pour cet être, toute variation d'excitation successive ou simultanée se marque en deux points dans des directions différentes et situés ou non sur la même circonférence, suivant le degré égal ou inégal de leur dynamogénie par rapport à leur maximum respectif. Supposons-les situés sur une même circonférence. Intelligent, cet être recherchera combien de fois l'arc compris entre les deux points est contenu dans la circonférence entière et appréciera l'écart en joignant ces points par une droite qui est le côté d'un polygone, régulier ou non, inscriptible ou non dans la circonférence

par le compas, auquel est assimilable son propre mécanisme. Dans le cas où le polygone régulier est inscriptible par le compas, la variation d'excitation est évidemment pour ce mécanisme intelligent, qui tend à exécuter le maximum de travail, l'occasion de mouvements qui sont les constructions géométriques nécessaires; dans le cas contraire, la variation d'excitation est l'occasion d'un arrêt. J'appelle *rythmes* toutes les variations d'excitation qui se représentent symboliquement par des points déterminant sur la circonférence les sommets successifs d'un polygone régulier, d'un nombre de côtés des formes 2^n, $2^n + 1$ (premier) ou 2^n multiplié par un ou plusieurs nombres de la forme $2^n + 1$ (premier). Ces nombres sont dits *rythmiques*.

19. Si les points symboliques de la variation d'excitation n'appartiennent pas à la même circonférence, notre être choisira la plus grande commune mesure entre les deux rayons ou, à son défaut, celle dont le choix entraîne les rapports les moins complexes. Selon que les nombres marquant les grandeurs respectives de ces droites par rapport à cette unité sont rythmiques ou non, il y a *mesure* ou non. On voit facilement que cet être, astreint à ne décrire que des cercles, cherchera le moyen le plus rapide de rapporter les droites à des cercles; chaque unité sera transformée en un diamètre ou en un rayon d'un cercle : les n unités évaluées par une translation du centre apparaîtront comme un entrelacs de n cercles ou comme un grand cercle divisé en n parties égales.

20. Je ferai observer que ces définitions du rythme et de la mesure et les conséquences qui en résultent pour la forme des fonctions de dynamogénie et d'inhibition sont remarquablement adaptées à cette caractéristique des fonctions physiologiques (qui, avec le renversement sous l'influence de l'état pathologique, me paraît fondamentale), selon laquelle les variations de réaction ne croissent pas, au moins dans de certaines limites, dans le même sens que les variations d'excitation. Nous savons que les dissonances ne correspondent pas nécessairement à des rapports de nombres de vibrations plus petits que les consonances. En général, des courants d'intensité faible, dirigés dans le sens de la transmission motrice du nerf ou en sens contraire, produisent à la fermeture une contraction du muscle, à l'ouverture un repos, tandis que, d'une intensité plus forte, ils produisent à la fermeture et à l'ouverture une contraction; plus forts encore, ils produiront à la fermeture, du repos s'ils sont dans le sens de la transmission motrice, de la contraction s'ils sont dans le sens contraire; à l'ouverture, ces courants produiront les effets contraires : mais on observe dans ces différentes périodes de véritables lacunes dans les contractions. Pour marquer le caractère d'une excitation au point de vue physiologique, il faut donc, non seulement en définir la quantité, mais encore un caractère qui apparaît à la conscience sous forme de qualité, agréable ou désagréable, et qui peut toujours se ramener plus ou moins directement à un changement de direction symbolique. Les

variations de travail physiologique sont donc, dans de certaines limites, des quantités de la nature de celles que Hamilton a appelées *vecteurs*, définies par la grandeur et la direction par opposition aux *scalaires*, définies par une seule donnée numérique.

III

21. Toute perception étant une réalisation plus ou moins sensible de l'objet, nous avons dans les divers modes possibles de dynamogénie et d'inhibition de notre être les expressions de toutes les réalités et, par conséquent, le principe d'une classification rationnelle des sensations, suivant la forme de leurs unités naturelles de mesure. Il est évident que cet être exprimera sa dynamogénie, son centre restant fixe ou son centre se déplaçant; il n'a qu'une manière d'exprimer l'inhibition : par un arrêt sur ses cycles. L'être vivant produit du travail en produisant du son (crotale), de la lumière, (vers luisants), de l'électricité (torpille), de la pression (vessie natatoire des poissons, etc.), des odeurs (sécrétions du musc), des saveurs (matière glycogène, bile), des couleurs (pigments végétaux et animaux), des formes (nids de fourmis, prismes hexagonaux des alvéoles des abeilles). Pour faire une représentation conforme à la réalisation de ces objets, notre être devra produire du travail, c'est-à-dire mettre en mouvement ses appendices. Au contraire, l'être vivant détruit du travail en produisant une élévation de température (échauffement du muscle qui soutient un poids dans sa chute, refroidissement du muscle qui élève un poids). Pour reproduire la réalité, notre être devra détruire du travail dans l'expression de la sensation de température; il y aura arrêt de ses appendices. En vertu de la généralisation de faits connus, l'idée d'un travail ou d'une inhibition et, par conséquent, un travail et une inhibition sont inséparables de la perception des phénomènes qui auront impliqué chez lui-même du travail ou de l'inhibition. De là deux types d'expression avec des variétés nécessaires : l'expression des sensations de son, de lumière (*), d'électricité, de pression, d'odeur, de saveur, de couleur, de forme, de travail, expression dynamogène; l'expression des sensations de température, expression inhibitoire.

22. Puisque les cycles, suivant qu'ils ont leurs tangentes dirigées en haut à droite ou en haut à gauche, sont dynamogènes ou inhibitoires, pour avoir des sens conformes à leur nature, on doit affecter de sens différents les types d'expression et leurs variétés. On voit facilement que la variété sur place du type dynamogène est seule parfaitement dynamogène en ce sens que, n'exigeant que des réactions d'un rayon très petit, elle ne subit pas de résistance notable du milieu. Les autres va-

(*) Comme il n'y a pas de lumière sans chaleur, il y aura lieu d'introduire dans les calculs concernant la sensation lumineuse l'expression de la température.

riétés du type dynamogène que nous distinguerons (dynamogène mixte, dynamogène avec translation) subissent toutes de l'inhibition, de même que le type inhibitoire. La première variété du premier type d'expression s'exprimera donc sur un cycle dirigé dynamogéniquement, tandis que les autres variétés de ce type et le second type s'exprimeront sur un cercle dirigé dans un sens inhibitoire. On peut arriver à ces conclusions par des considérations très différentes sur la forme des représentations dans le temps et des représentations dans l'espace.

23. Dans le premier type, nous venons de distinguer les sensations qui, pour être exprimées d'une manière conforme à la réalisation des objets, ont besoin d'une translation et celles qui ne l'exigent point. Or on voit facilement que le son, la lumière, l'électricité, la pression peuvent être produits sans translation : au contraire, une forme exige, pour être réalisée de fait, une translation sur le contour perspectif de l'objet, dès qu'elle affecte un caractère différent d'un point rayonnant; car, pour l'évaluer sans translation, notre être circulaire serait astreint à des changements infiniment petits successifs du rayon de son appendice, ce qui correspond à des impossibilités, comme on l'a vu (§ 4). Les odeurs, les saveurs et les pigments, en s'accumulant, déterminent des formes et en sont inséparables, quoique se produisant sur place et liés à des dégagements d'électricité. Il y a donc trois variétés du type d'expression dynamogène. Nous distinguerons d'abord la variété des *réactions sur place* qui comprend deux genres : un genre que j'appellerai *discontinu*, qui implique pour l'expression parfaite de l'excitation l'existence d'un milieu et qui comprend les sons, la pression, l'électricité statique; un genre que j'appellerai *continu*, qui implique pour l'expression parfaite de l'excitation l'absence de milieu et qui comprend la lumière, l'électricité dynamique, dont les vitesses de propagation sont retardées par tout milieu matériel (relations de Maxwell et de Boltzmann entre les indices de réfraction et les racines carrées des capacités diélectriques). Il en résulte des associations inséparables entre les sensations du premier genre et des cycles de rayons décroissants, symboliques de l'action du milieu, d'une part; entre les sensations du second genre et des cycles de rayons croissants, symboliques de l'absence de milieu, d'autre part. Les unités naturelles de cette variété sont les puissances de $\frac{3}{2}$ ramenées dans la première octave, puisque ce rapport est l'unité de contraste la plus dynamogène dans ces réactions et que notre être tend par définition à exécuter du travail. Il y a ensuite la variété des *réactions de translation* qui convient aux formes, dans laquelle les droites sont rapportées à la plus grande commune mesure ou, à son défaut, à celle dont le choix entraîne les rapports les moins complexes et dans laquelle les angles compris entre chaque droite et la précédente prolongée sont évalués en fractions naturelles de la circonférence.

Enfin, il y a la variété des *réactions* que j'appellerai *mixtes* et qui convient dans certains cas aux formes et toujours aux blancs et aux noirs matériels, aux couleurs pigments, ainsi qu'aux saveurs et aux odeurs. Je distinguerai entre ces deux dernières variétés une variété transitionnelle qui convient à certaines formes.

24. A la variété des réactions mixtes se rapporte le « Cercle chromatique ». En choisissant comme limites les rouges perçus comme différents des rouges moins réfrangibles et les violets perçus comme différents des violets plus réfrangibles, il s'agissait de déterminer les écarts qui sont symboliques des rapports caractéristiques des intervalles chromatiques, nombres qui dans la théorie de l'éther expriment des longueurs d'onde. Nous savons que les pigments sont dynamogènes ou inhibitoires; ils suggèrent des directions dynamogènes ou inhibitoires ; leur vision détermine des erreurs inégales dans la reproduction d'un trait dans les différentes directions. Mais un pigment est une matière agissant par la lumière qu'il réfléchit en majorité : notre être ne peut se représenter ses propres pigments, ses matières odorantes et sapides que comme des sécrétions qu'il élimine et, par conséquent, comme des réactions simultanées de ses appendices, l'un indiquant le produit éliminé, l'autre l'organe sécréteur. Ces réactions se projettent sur le plan perspectif et suggèrent leur contraste maximum, en vertu de la tendance à exécuter les maximum d'action. Or, dans ces réactions, les points distants de 45° sont des points remarquables qui, pris successivement, marquent les points possibles de départ des deux appendices et, de deux en deux, leurs points de contraste maximum. Mais nous savons que le rapport $\left(\frac{3}{2}\right)^{12}$ symbolise le tracé d'un cercle dont les douze sections sont réalisées simultanément. Dans un tel tracé le point opposé au dernier point du premier arc de cercle symbolise le rapport $\left(\frac{3}{2}\right)^{7}$ · Or si, conformément à sa tendance à associer inséparablement des opérations analogues, telles que les plus longs chemins descriptibles, l'être déforme sur un cercle total chaque quart de circonférence décrit par la coordination des deux appendices en sens inverse, les points distants de 45° coïncideront avec les deux points opposés, symbolisés par le rapport $\left(\frac{3}{2}\right)^{7}$ ramené dans l'octave, c'est-à-dire 1,052 (*):

(*) En réalité, $\left(\frac{3}{2}\right)^{7}$ ramené dans l'octave est 1,067 ; 1,052 est le quotient de 1,067 par $\left(\frac{3}{2}\right)^{12} = 1{,}013$. Une représentation simultanée d'un intervalle est toujours plus petite d'un comma que la représentation successive à cause du point neutre qu'introduit dans le tracé la rencontre des deux appendices ou des deux portions de l'appendice impliqués par la représentation simultanée. Comme il s'agit essentiellement de deux appendices dans la réaction pigmentaire, il fallait donc diviser l'intervalle par la valeur suggérée par le point neutre, celle du petit cycle complet auquel il est assimilable, c'est-à-dire en vertu des remarques déjà faites (§ 15) par $\left(\frac{3}{2}\right)^{12}$. Les valeurs dont les intervalles harmoniques ou simultanés sont plus petits ou plus grands que les intervalles mélodiques ou successifs dans les expériences de MM. Cornu et Mercadier se retrouvent par des considérations de cet ordre.

dans leur situation sur le cercle chromatique, ils symboliseront ce rapport. Mais les cycles suivant la longueur du rayon expriment la dynamogénie et l'inhibition ; d'un rayon plus petit que l'appendice, ils expriment la dynamogénie et sont bien adaptés à l'expression de la sensation de blanc qui provient du mélange de pigments très lavés ; d'un rayon égal à l'appendice, ils se coordonnent en cycles relativement discontinus, dans une certaine mesure inhibitoires et bien adaptés à l'expression de la sensation de noir qui provient du mélange de deux ou de plusieurs pigments saturés; d'un rayon égal au double de l'appendice, ils sont des cycles absolument discontinus élémentaires, dont chaque point est obtenu par une translation du centre sur un point du cycle relativement discontinu; absolument inhibitoires, ils sont bien adaptés à l'expression de la sensation de noir absolu, c'est-à-dire sans aucun mélange de pigment coloré. En conséquence, on porte sur le rayon du cercle chromatique des degrés de saturation de pigments croissants, suivant une loi complexe, depuis le blanc jusqu'à saturation complète, c'est-à-dire jusqu'au degré qui reproduit la couleur spectrale : ce point est situé à la moitié du rayon, et à partir de ce point jusqu'à l'extrémité du rayon on porte des quantités croissantes de noir. Si nous considérons un pigment qui, à l'état naturel, émettrait une seule lumière avec l'intensité lumineuse spectrale au point situé à la moitié du rayon et si nous donnons pour luminosité au centre la quantité de lumière blanche qui est décomposée sur la moitié du rayon, nous aurons pour l'intensité lumineuse de tout point situé sur le rayon, par rapport à celle de ce point, une fonction complexe qui dépend de la double influence du contraste simultané et des variations rythmiques ou non de l'intensité lumineuse rapportées à la forme $\left(\frac{3}{2}\right)^{\pm n}$ sur les progrès de la sensibilité lumineuse. On verra (§ 40) comment cette dernière formule et toutes celles qui dépendent de la dynamogénie ou de l'inhibition pourront être rigoureusement établies. En attendant, on peut adopter comme première approximation l'aire de la courbe dont la rotation, dans des expériences de M. Delbœuf, détermine des anneaux présentant des dégradations successives de gris pour la sensation. On peut, d'ailleurs, déterminer expérimentalement cette loi en photographiant les cercles d'égale intensité de gris obtenues par des rotations très rapides de mon cercle chromatique et en calculant avec la courbe de luminosité du spectre la part de chaque point coloré dans cette luminosité moyenne.

25. La grande importance de ces symboles de rapports numériques est dans leur généralité. Pourvu qu'un excitant soit caractérisé par un nombre, il est possible de le développer en gammes, une fois les schèmes, qui lui conviennent, établis. Nous ignorons la nature essentielle de l'électricité, de la lumière, du magnétisme, etc.; ce seraient, d'ailleurs, des problèmes pure-

ment métaphysiques, puisque leurs lois fondamentales sont des représentations élémentaires ; mais nous avons des nombres pour en caractériser les variations : ce qui n'est pas encore fait pour les facteurs de l'odorance et de la sapidité. Il s'agit de trouver des nombres qui les caractérisent, de même que nous caractérisons chaque couleur par un nombre λ qui est donné, par exemple, dans l'expérience célèbre des deux miroirs par la formule :

$$\lambda = \frac{2l \tang \varphi}{n},$$

l étant la distance de la n^e frange à la frange centrale, φ l'angle sous lequel de cette frange on voit les deux images du point lumineux fournies par les deux miroirs.

La production des odeurs semble parfois exiger la présence de l'oxygène : si l'exhalaison du corps odorant est portée par l'acide carbonique, il n'y a pas odeur. Huygens et Papin ont constaté qu'un bouton de rose, conservé dans le vide, avait gardé au bout de quinze jours tout son parfum. D'autre part, il n'y a pas de relations entre l'odeur et la composition chimique : odeur alliacée de l'arsenic, odeur de violette de la limaille de fer porphyrisée, etc. Il en faut conclure que les conditions de l'odorance sont liées généralement à un état du corps indépendant du nombre des éléments et dépendant de leur situation ou de quantités vectorielles. Or nous n'avons aucun moyen physico-chimique de noter ces caractéristiques. Nous devons donc renverser le problème. Si nous ne pouvons caractériser dans une succession de deux sensations odorantes le rapport des *formes* caractéristiques de l'odorance, nous pouvons préciser un autre facteur très important, le rapport des nombres de chocs des molécules odorantes dans l'unité de temps contre la membrane olfactive, autrement dit le rapport des nombres qui expriment les temps de diffusion ou mieux d'effusion (*) des mêmes volumes des corps dans l'air. Nous pouvons considérer la théorie comme suffisamment vérifiée dans d'autres sensations et spécialement celle de couleur pigment et déduire des écarts de l'expérience esthétique et du calcul fait dans l'hypothèse du seul facteur de diffusion des valeurs pour le facteur de l'odorance. Les mêmes points de vue s'appliquent aux saveurs.

Par exemple, si une succession est agréable et si le rapport des deux temps de diffusion N se projette sur le schème en un écart non rythmique, on choisira l'écart rythmique n le plus rapproché, soit en plus, soit en moins. Le nombre des nombres rythmiques entiers dans les grands inter-

(*) Graham appelle *effusion* l'écoulement d'une masse de gaz ou de vapeur à travers un septum de platine, par un trou extrêmement étroit, sous excès ou non de pression, dans un espace illimité contenant un gaz quelconque ; il réserve le nom de *diffusion* au passage beaucoup plus lent de ce gaz à travers le graphite dans le vide. J'emploierai cependant le mot de diffusion et dans le cas actuel il n'y a aucun inconvénient, puisque la loi du passage est la même dans les deux cas et soumise toujours à la règle de Torricelli.

valles angulaires est très restreint ; le nombre des nombres rythmiques fractionnaires, lesquels se confondent avec des fractions à dénominateurs rythmiques entiers et numérateurs 10, est également restreint ; le nombre des nombres rythmiques fractionnaires, lesquels se confondent avec des fractions à dénominateurs rythmiques entiers et numérateurs de la forme 10^n, est restreint ; d'ailleurs, ce sont là des rythmes de plus en plus incomplets, les numérateurs n'étant pas rythmiques. Les premiers se distinguent donc des seconds et les seconds des troisièmes par un caractère subjectif bien net. La même observation s'appliquerait aux successions désagréables, N se projetant sur le schème en un écart rythmique.

Supposons que l'écart N tombe à égale distance de deux écarts rythmiques : lequel choisir pour n? On pourra, au bout d'un grand nombre d'expériences, trouver une autre succession se projetant en un écart voisin ou identique et plus ou moins agréable que la première ou constatée telle par un plus ou moins grand nombre de sujets normaux et on devra attribuer le nombre le plus rythmique à la succession la plus agréable. La même observation s'appliquerait à des successions désagréables. Les degrés de la peine sont toujours précisables, pour les odeurs comme pour toutes les excitations, avec des nombres dosant l'hyperesthésie par la persistance des impressions, la rapidité des sensations de contraste ou les variations de la *fraction différentielle* et du minimum perceptible.

Si une succession désagréable se projette exactement en un écart non rythmique, si une succession agréable se projette exactement en un écart rythmique, il n'y a évidemment aucun calcul à faire ; mais on pourra, en comparant les effets plus ou moins agréables d'une part, plus ou moins désagréables d'autre part, d'un grand nombre de successions ou jugés tels par un plus ou moins grand nombre de sujets normaux, les ordonner suivant les caractères plus ou moins rythmiques ou plus ou moins non rythmiques des écarts les plus voisins et calculer alors $\frac{K}{K'}$, le rapport des facteurs de l'odorance, par la relation $\frac{n}{N}$. Ces nombres seront < 1 ou > 1, suivant que n est $< N$ ou $> N$. On pourra ordonner sur un cercle de droite à gauche, à partir du haut dans l'inverse de leur ordre de grandeur, les produits des facteurs de l'odorance par les temps de diffusion, comme les longueurs d'onde émises par les pigments sur le cercle chromatique, chaque point distant de 45° figurant le rapport 1,052, et constituer un cercle odoral.

Les temps de diffusion de mêmes volumes de vapeurs des corps odorants, comme les temps de diffusion de tous les gaz et vapeurs, sont proportionnels, d'après la loi de Graham, aux racines carrées de leurs densités. Il est facile de déterminer les densités de vapeur des corps volatils, dont les poids moléculaires sont connus, en multipliant la moitié de ces poids indiqués

dans la notation atomique, par la densité de l'hydrogène = 0,0693. Il est donc permis d'espérer que l'étude complète des odeurs à ce point de vue n'exigera pas un grand nombre d'expériences nouvelles. Dans les cas où les réactifs chimiques seraient insuffisants pour déceler la présence de la molécule odorante très volatile, on pourra avec un dispositif convenable la déceler avec l'odorat. Mais, comme des volumes inégaux de matière sont nécessaires pour la reconnaissance et la perception minima de chacune, il faudra déterminer préalablement les volumes nécessaires et corriger les temps de diffusion, en les divisant pour chaque corps par le nombre de volumes nécessaires à la perception minima de ce corps. Ce n'est pas ici le lieu d'insister sur la méthode qui devrait être appliquée à la détermination de ces volumes.

Nous savons que dans la variété de ce type d'expression deux points distants de 45° symbolisent le rapport 1,052; pour connaître l'écart e_r, symbolique d'un rapport quelconque r, il suffit de résoudre l'équation :

$$r = 1{,}052^{x},$$

d'où :

$$x = \frac{\log r}{\log 1{,}052},$$

et de poser :

$$e_r = 45^\circ \times \frac{\log r}{\log 1{,}052}.$$

Soient les cinq corps suivants, dont l'odeur n'est pas isolément désagréable et même est considérée généralement comme agréable :

Corps.	Densités de vapeur.	Racines carrées.	Rapports des temps de diffusion ramenés dans l'octave.
Acide acétique	2,12	1,4	1
Alcool	1,613	0,4	1,75
Éther sulfurique. . . .	2,565	0,5	1,4
Chloroforme	4,199	0,64	1,09
Camphre.	5,317	0,72	1,94

Nous obtenons, pour les angles symboliques, diminués de $n\pi$, des rapports des temps de diffusion ramenés dans l'octave, les valeurs suivantes :

Acide acétique — Alcool = 43°,25.
» Éther sulfurique = 49°,95.
» Chloroforme = 79°,20.
» Camphre = 60°,75.

La première succession est agréable et a accru de 5 k. la force maximum

d'un sujet au dynamomètre : son angle symbolique est égal à $\frac{10}{85}$ de circonférence, section rythmique (42° 35) + 0°,90. Le quotient $\frac{n}{N} = 0{,}97$.

La deuxième succession est pénible et a diminué de 5 k. 5 la force maximum du sujet précité : son angle symbolique est égal à $\frac{1}{7}$ de circonférence, section non rythmique (51°,43) — 1°, 8. Le quotient $\frac{n}{N} = 1{,}029$.

La troisième succession est pénible. Son angle symbolique est $\frac{1}{45{,}454...}$, fraction dont le dénominateur est un entier suivi d'une fraction périodique non rythmique. Elle ne permet pas le calcul de $\frac{n}{N}$.

La quatrième succession m'a été caractérisée comme « neutre » par un savant nullement névropathe et ce sentiment a été partagé par d'autres expérimentateurs. Un d'entre eux l'a jugée agréable. Son angle symbolique est $\frac{1}{6}$, section rythmique, mais de contraste successif minimum (60°) + 0°,75. Le quotient $\frac{n}{N}$ est 1,0125, le comma musical.

26. Tandis que la liaison des temps de diffusion des odeurs avec les densités théoriques de vapeurs facilite la détermination du coefficient de l'odorance, il est très difficile de déterminer assez exactement les temps que mettent les solutions à se diffuser également. Les expériences de diffusion des liquides sont relativement très peu nombreuses et on n'a pas encore rattaché le coefficient de diffusibilité à d'autres constantes plus accessibles à l'expérience.

Voici des nombres obtenus par Graham avec des solutions de 10 °/₀ infusées sous une colonne d'eau pure, sept fois plus haute, et abandonnées pendant quatorze jours à une température sensiblement constante et voisine de 10° ; après quoi, le liquide était enlevé par couches de 50 centimètres cubes chacune :

Acide chlorhydrique . . .	1	Sucre.	7
Sel marin.	2, 33	Albumine	49
Sulfate de magnésie . . .	7	Caramel.	98

Choisissons une sensation successive de deux saveurs, évidemment désagréable, comme celle du sucre et du sel marin ; nous obtenons :

$$e_r = 8{,}024 \times 45° = 361°{,}08,$$

c'est-à-dire la circonférence entière plus $1^o,08 = \frac{1}{212,\ 12\ ...}$, une fraction dont le dénominateur est un nombre entier suivi d'une fraction décimale périodique. Cette fraction n'est pas rythmique, mais le degré de précision des expériences ne permet pas d'attacher d'importance à ce caractère. Ce qui est acquis, c'est qu'il s'agit d'une section de circonférence très petite et difficilement appréciable.

Pour la succession, notoirement agréable, de l'albumine et du sel marin, nous obtenons :

$$e_r = 5,326 \times 45^o = 239^o,67.$$

Si de ce nombre on retranche 180°, il vient $59^o,67 = \frac{1}{6,03}$, section très appréciable, très approchée de $\frac{1}{6}$, section rythmique $= 60^o - 0,33$; il en résulte $\frac{n}{N} = 1,005$.

Pour la succession, notoirement agréable, de l'albumine et du sucre, nous obtenons :

$$e_r = 11,039 \times 45^o = 496^o,755.$$

Si de ce nombre on retranche 360°, il vient $136^o,775$, c'est-à-dire $\frac{100}{263}$, plus petits que $\frac{100}{257}$, section dont le dénominateur est rythmique, de $3^o,315$: d'autre part, l'angle supplémentaire est de $43^o,25$, très rapproché de $\frac{10}{85}$, section rythmique. On trouve $\frac{n}{N} = 1,024$.

27. En mesurant les écarts de la température de l'être vivant au-dessus ou au-dessous du niveau normal, en l'avertissant des modifications thermiques du milieu, le sens des températures met en garde l'organisation contre la constitution de produits toxiques que les renversements des équilibres chimiques sous l'influence de la température déterminent dans les tissus. Un abaissement ou une élévation de 4° au-dessus du niveau considéré comme normal (37°,5 sous l'aisselle de l'homme, 38° dans les parties centrales) sont mortels. L'échelle des températures supportables comprend environ 150° : on a pu supporter pendant quelques minutes des températures extérieures de 110° dans une étuve sèche et on supporte au fort Reliance des températures de — 56 à — 57°. On voit qu'il est important de préciser le système physiologique des températures (*) pour

(*) Conformément aux définitions de la thermométrie, j'appelle *système* l'ensemble des données qui servent à définir l'intervalle fondamental et sa subdivision en degrés. L'*échelle thermométrique* est une fonction linéaire du phénomène thermique considéré.

pouvoir noter en conséquence le caractère dynamogène ou inhibitoire des températures intérieure et extérieure et modifier dans les sens voulus ces températures par des actions mécaniques, physiques, chimiques ou physiologiques.

On a vu (§ 21) comment la sensation de température ne peut s'exprimer que par un arrêt pour l'être considéré. On voit facilement que la représentation de l'arrêt pour être parfaite doit être simultanée et, par conséquent, affecter la forme d'une exponentielle. En effet, une succession d'arrêts, par exemple la percussion successive de n touches sur le piano, est un *travail* exclu de la représentation essentiellement inhibitoire de la température, tandis que la percussion simultanée de n touches sur le piano est au contraire pendant tout l'intervalle de temps un arrêt des mains sur la portée. Il en résulte pour la représentation de la température une exponentielle de la forme $e^{t\beta}$, β marquant un coefficient de dilatation élémentaire du gaz que l'être présente en lui-même, t marquant le nombre de ces unités de dilatation.

Quelle est la valeur de β ? Plus généralement, quelle quantité de dilatation notre être sera-t-il, en vertu de ses convenances, conduit à adopter comme unité ?

Observons, d'abord, que les températures de l'intervalle fondamental du système physiologique sont vraisemblablement les températures de la solidification et de l'ébullition de l'eau à la pression normale, puisque ces températures marquent pour l'animal inférieur (microbes, rotifères, animaux à sang froid) des points critiques du passage de la vie normale à la vie latente. On sait que la température de 100°, à la pression normale, est celle de la coagulation de l'albumine soluble (*), coagulation qui rend impossibles les échanges capillaires. D'autre part, ces températures ne peuvent être conçues par notre être que successivement, puisque, dans la réalité, il se produit entre deux températures différentes simultanées en un point une moyenne. Mais nous savons que le nombre 10 marque le maximum de contraste successif absolu (§ 15) et, par la théorie du contraste, qu'on peut toujours, sans rien changer à ce contraste, retrancher la demi-circonférence ou ses multiples, puisque les points distants de π contrastent au minimum. Retranchons la demi-circonférence de l'arc $\frac{5}{6}$ sur lequel se reportent les dix unités de mesure : celles-ci se reporteront sur $\frac{1}{3}$. Si l'on suppose, comme il est nécessaire pour être logique avec le principe de la tendance au maximum de travail, le tracé successif exécuté simultané-

(*) P. Schützenberger, *Traité de chimie générale*, t. III, p. 408. Les albumines, telles qu'elles sont retirées de l'organisme, sont des produits complexes, se coagulant plus ou moins au-dessous ou au-dessus de ce degré qui a une importance remarquable dans la physique des matières protéiques.

ment dans les trois tiers de circonférence par un appendice, on multiplie évidemment 10 le plus possible au point de vue du contraste successif et on obtient le diviseur 1000 pour l'intervalle fondamental. Mais cette division serait en général impraticable, car elle serait inférieure au minimum perceptible ordinaire, environ $\frac{1}{8}$ de degré vulgaire, la peau étant à 18°,4. Donc cette division sera multipliée par un nombre qui, pour satisfaire aux convenances du contraste, est 10 et nous retrouvons pour l'intervalle fondamental la division centigrade, ce qui nous permet de poser, α étant le coefficient de dilatation des gaz, l'équation :

$$e^{100\beta} = 1 + 100\,\alpha\,;$$

d'où :

$$\beta = \frac{\log(1 + 100\alpha)}{100 \log e}\,;$$

et comme on a en général, θ étant la température centigrade du thermomètre à gaz, t la température physiologique :

$$e^{t\beta} = 1 + \alpha\theta,$$

nous obtenons :

$$t = \frac{\log(1 + \alpha\theta)}{\beta \log e},$$

que l'on peut mettre sous cette forme commode au calcul :

$$t = \frac{\log\left(\theta + \frac{1}{\alpha}\right) - \log\frac{1}{\alpha}}{\beta \log e}.$$

De récentes mesures du Bureau international donnent à α pour l'hydrogène la valeur 0,00366254. Si l'on cherche un nombre symbolique naturel de dilatation par les procédés mathématiques de notre être, on trouve que sa surface circulaire élémentaire, mesurée en fonction du rayon unité, extériorisée le plus simplement possible ou élevée au carré et avec le moins d'arrêt possible, c'est-à-dire la fraction $\frac{\pi^2}{1000e} = 0{,}0036308 = \frac{1}{275{,}7}$ représenterait naturellement une dilatation du gaz à l'état parfait. Heureusement, le système des températures physiologiques est indépendant de l'adoption de l'une ou l'autre de ces valeurs : si l'on pose $\alpha = \frac{1}{273}$,

$\alpha' = \frac{1}{275,7}$, si l'on appelle t la température calculée avec α, t' la température calculée avec α', si l'on pose $t = t' + \delta t$, le calcul donne pour δt le nombre très petit 0,000102. Nous poserons donc $\alpha = \frac{1}{273}$ et nous calculerons les températures t au moyen de la formule :

$$t = \frac{\log(\theta + 273) - \log 273}{\frac{\log 373 - \log 273}{100}}.$$

Nous trouvons pour $t = 40$ $\theta = 36,3$ et pour $t = 40,8$ $\theta = 37,07$. Ces nombres 40 et 40,8 sont rythmiques ; or les nombres correspondants représentent : le premier, la moyenne des températures minima rectale, axillaire, buccale, et de l'urine, observées par Jürgensen, Gresswell, Bœrensprung, Liebermeister, Billet, Richet ; le second, la moyenne des moyennes enregistrées par tous les observateurs. D'une manière générale, on peut dire que la température physiologique de l'homme est 40°. Ce nombre est intéressant au point de vue du contraste ; si l'on reporte les dix unités considérées en vertu du maximum absolu de contraste successif sur chaque tiers de circonférence, on détermine avec 40 le premier point de contraste maximum après le cycle complet.

Une importante confirmation expérimentale du nouveau système est donnée par les intervalles de température les plus dynamogènes. Rappelons que la sensation est un arrêt et que toutes variations d'excitation dynamogènes inhiberont la sensation, et d'autant plus qu'elles seront plus dynamogènes. Or Weber a trouvé que l'on apprécie le mieux les différences de température de 27° à 33°, puis entre 33° et 37°, puis entre 14° et 27°. Les nombres rythmiques inclus dans le premier intervalle sont 30, 32 ; dans le deuxième : 34 ; dans le troisième : 15, 16, 17, $\frac{96}{5}$, 20, $\frac{102}{5}$, 24, $\frac{128}{5}$. Divisons le plus grand intervalle par l'intervalle considéré et multiplions le nombre des nombres rythmiques de chaque intervalle étudié par ce quotient ; nous obtenons les nombres 4,32 ; 3,25 ; 8, dont les rapports marquent la densité relative des nombres rythmiques dans les intervalles supposés égaux. Ces résultats acquis, si nous considérions les degrés vulgaires comme ayant une valeur physiologique, nous serions en présence d'une interversion, puisque c'est de 33° à 37°, l'intervalle le moins rythmique, que l'on devrait apprécier le mieux les différences, la théorie du rythme étant acceptée comme générale. Transformons, au contraire, en nombres du système physiologique les degrés précédents,

nous avons pour les limites des intervalles 14° — 27° — 33° — 37° les nombres :

$$\overbrace{16,023 - 30,}\overbrace{217 - 36,}\overbrace{561 - 40,723,}$$

pour les nombres rythmiques inclus dans le premier intervalle : 17, $\frac{96}{5}$, 20, $\frac{102}{5}$, 24, $\frac{128}{5}$, $\frac{136}{5}$, 30; dans le deuxième: 32, 34, 36; dans le troisième: $\frac{192}{5}$, 40. Nous obtenons pour les densités relatives des nombres rythmiques dans les intervalles : 8; 6,69; 6,82. Les deux derniers nombres sont voisins pour les intervalles dont les différences sont le mieux perçues, mais l'existence dans le troisième intervalle du rythme complexe $\frac{192}{5}$ crée une nouvelle inégalité en faveur de celui-ci, d'après laquelle on doit percevoir moins bien les différences dans celui-ci que dans le second: ce qui est conforme à l'expérience.

Il est à peine utile de faire observer que, dans la comparaison des sensations de deux températures, le sujet perçoit toutes les températures voisines et que la fraction différentielle trouvée dans chaque cas est fonction de la densité des nombres rythmiques dans les intervalles perçus.

Le système physiologique se confond avec un système proposé par Wronski sous le nom de *thermomètre philosophique* et par M. F. Lucas sous le nom d'*échelle des températures vraies*, que ce savant a déduite du principe de Carnot. Dans ce système, puisque $t = -\infty$ correspond à $\theta = 275,7$, les températures au-dessous de zéro croissent beaucoup plus vite que les températures vulgaires, tandis que les températures au-dessus de 100 croissent beaucoup moins vite que celles-ci. Entre 0 et 100, les températures physiologiques sont plus grandes que les températures vulgaires ; la différence maximum est égale pour 50 à 3°,86.

IV

28. Le problème des harmonies de chaque type de sensations est facile à résoudre, une fois le problème de leurs unités naturelles résolu.

Dans la variété sur place du type dynamogène, dont la sensation auditive est l'exemple le plus étudié et auquel se rattachent les sensations de lumière, de pression, de travail, d'électricité statique, l'unité est exprimée par le rapport $\frac{3}{2}$ et les autres intervalles s'expriment par des puissances entières, positives ou négatives, de $\frac{3}{2}$ ramenées dans la même octave. L'écart

de chaque intervalle est rapporté au premier excitant : dans le cas des successions, les nombres s'ajoutent algébriquement ; dans le cas de simultanéités, ils se multiplient. On calcule les différences successives des nombres marquant les écarts, jusqu'à la différence finale. On calcule de même les différences successives des nombres marquant les durées jusqu'à la différence finale. On retranche la différence finale des durées de la différence finale des écarts. Si le reste est de la forme des nombres 2^n ou 3^p ou 5^q ou 17^r ou du produit de ces nombres, ou s'il est égal à un de ces nombres, augmenté ou diminué d'un multiple de 12, l'enchaînement est satisfaisant, quoiqu'il soit évidemment utile d'avoir des différences successives rythmiques et qu'il y ait nombre de convenances particulières difficiles à préciser dans une règle générale, mais que fera ressortir l'étude de chaque cas particulier à la lumière des principes.

Les problèmes des nombres et de la structure possibles des accords de n excitants, les lois des successions et des simultanéités de ces excitants sont des équations de condition et de congruence qui ne présentent que des difficultés mathématiques.

On sait que les octaves supérieures diminuent la *fraction différentielle* (*), tandis que les octaves inférieures l'augmentent : les sons aigus sont donc dynamogènes de la sensation et inhibitoires du mouvement, et réciproquement. Au contraire, les couleurs les moins réfrangibles (rouge, orangé, etc.), correspondant aux nombres de vibrations les plus petits, sont dynamogènes de la sensation et, par conséquent, inhibitoires du mouvement chez les sujets normaux. Ce renversement s'explique bien par la différence des genres de réaction auxquels correspondent ces deux sensations (§ 23) et que l'on pourrait exprimer par cette formule philosophique : la sensation auditive s'exprime dans le temps, tandis que la sensation visuelle s'exprime dans l'espace.

Chez des sujets de la Salpêtrière, M. le Dr Féré a obtenu au dynamomètre des pressions plus fortes par l'application sur certaines zones céphaliques de diapasons réglés à des octaves inférieures, ce qui est conforme aux déductions théoriques, tandis qu'il a obtenu des nombres plus élevés au dynamomètre sous l'influence des couleurs moins réfrangibles ; mais c'est là un de ces exemples si nombreux des renversements des réactions psycho-physiologiques chez les sujets anormaux. Des sujets (femmes) du même établissement, interrogés par M. Binet à l'égard de plusieurs juxtapositions de teintes, copiées de mon cercle chromatique, ont manifesté des préférences violentes dans trois cas pour des juxtapositions non rythmiques et dans un seul cas pour une juxtaposition rythmique sans intérêt, en général pour des juxtapositions correspondant à de petits

(*) C'est le quotient de la quantité d'excitation correspondant à un degré de la sensation par la quantité d'excitation correspondant au degré immédiatement inférieur.

intervalles : ce qui concorde avec cette conclusion de M. Féré, qu'il a déduite de la comparaison de tracés dynamographiques, d'après laquelle l'état des forces d'une hystérique est comparable à celui d'un sujet sain fatigué.

29. M. Charpentier (*) a déterminé la courbe de variation de la sensibilité suivant l'éclairage auquel l'œil est adapté. Cette sensibilité grandit d'abord lentement avec les diminutions de l'éclairage, puis de plus en plus vite.

Fractions de l'éclairage.	Réduction de ces fractions à l'octave.	Intervalles $\left(\frac{3}{2}\right)^n$ les plus proches.
0,617	1,234	$\left(\frac{3}{2}\right)^{-8} = 1{,}248$ (**).
0,510	1,020	$\left(\frac{3}{2}\right)^{12} = 1{,}013$.
0,413	1,652	$\left(\frac{3}{2}\right)^{-9} = 1{,}664$.
0,154	1,232	$\left(\frac{3}{2}\right)^{+9} = 1{,}201$.

Il est remarquable qu'à partir du seul point anguleux correspondant à 0,510 sur l'abscisse, la courbe croît moins vite qu'une droite. Or ce point correspond à une valeur impliquant le tracé du cycle complet $\left(\frac{3}{2}\right)^{12}$, c'est-à-dire le maximum de dynamogénie considérée indépendamment du rythme, et, si l'on considère le rythme, un rythme plus complexe que les autres fractions, puisqu'il se compose de leurs éléments. La sensibilité étant inhibée par les excitations dynamogènes, il doit y avoir après ce point inhibition relative ou moindre progrès, comme l'indique l'expérience, ce qui ne doit point avoir lieu pour des rapports comme $\left(\frac{3}{2}\right)^{-8}$, $\left(\frac{3}{2}\right)^{-9}$ et $\left(\frac{3}{2}\right)^{+9}$ qui n'impliquent que des fractions de circonférence moins rythmiques.

30. Hering, pour vérifier la loi de Weber, a institué (***) des expériences sur les variations de la fraction différentielle en relation avec la grandeur du poids. Dans une première série, il a étudié 11 poids croissants à partir de 250 grammes et il a trouvé les fractions différentielles suivantes après chaque poids : $\frac{1}{21}, \frac{1}{38}, \frac{1}{58}, \frac{1}{67}, \frac{1}{78}, \frac{1}{88}, \frac{1}{92}, \frac{1}{100}, \frac{1}{102}, \frac{1}{114}, \frac{1}{98}$; elles diminuent jusqu'au dixième poids, la onzième augmente. Si nous réduisons

(*) *La lumière et les couleurs au point de vue physiologique*, p. 158.
(**) Dans la table des puissances, p. 37 de l'introduction à mon Cercle chromatique, lire ce nombre au lieu de 1,266 et pour l'exposant — 10, lire le nombre 1,107.
(***) *Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften zu Wien*, 1875, pp. 343 et suivantes.

les rapports des 11 premiers nombres à l'octave et si nous rapprochons ces rapports des intervalles $\left(\frac{3}{2}\right)^{\pm n}$, nous trouvons les valeurs :

$$\begin{array}{cccccccc} 1; & 2; & 1,5; & 2; & 1,25; & 1,5; & 1,75; & 2; \\ 0; & 0; & \left(\frac{3}{2}\right); & 0; & \left(\frac{3}{2}\right)^4 = 1,266; & \left(\frac{3}{2}\right); & \left(\frac{3}{2}\right)^{-2} = 1,77; & 0; \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} 1,125; & 1,25; & 1,37. \\ \left(\frac{3}{2}\right)^2; & \left(\frac{3}{2}\right)^4; & \left(\frac{3}{2}\right)^{11} = 1,351. \end{array}$$

Dans une deuxième série, Hering a étudié les variations de la fraction différentielle pour 8 poids croissants à partir de 10 grammes dans les rapports suivants : 1, 5, 10, 20, 30, 40, 45, 50. Il a trouvé pour les fractions différentielles les valeurs : $\frac{1}{14}, \frac{1}{29}, \frac{1}{42}, \frac{1}{56}, \frac{1}{65}, \frac{1}{77}, \frac{1}{69}, \frac{1}{20}$.

Réduisons les rapports des poids dans la même octave et rapprochons-les des intervalles $\left(\frac{3}{2}\right)^{\pm n}$, nous obtenons :

$$\begin{array}{cccccc} 1; & 1,25; & 1,25; & 1,25; & 1,875, & 1,25; \\ 0; & \left(\frac{3}{2}\right)^4 = 1,266; & \left(\frac{3}{2}\right)^4; & \left(\frac{3}{2}\right)^4; & \left(\frac{3}{2}\right)^{-7} = 1,872; & \left(\frac{3}{2}\right)^4; \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} 1,406; & 1,56. \\ \left(\frac{3}{2}\right)^{-6} = 1,403; & \left(\frac{3}{2}\right)^{-4} = 1,58. \end{array}$$

Il y a dans ces deux séries d'expériences faites par les mêmes observateurs un renversement curieux, explicable par l'extrême fastidiosité de ces enquêtes : c'est dans la première série pour la fraction $\left(\frac{3}{2}\right)^{11}$ non rythmique, les autres de cette série étant rythmiques, et dans la deuxième série pour la fraction $\left(\frac{3}{2}\right)^{-6}$ moins rythmique que les autres rythmes de la série et exprimée dans un sens inhibitoire, comme la fraction $\left(\frac{3}{2}\right)^{-4}$, qu'il y a accroissement absolu de la fraction différentielle, contrairement à la relation normale. C'est pour la fraction non rythmique $\left(\frac{3}{2}\right)^{-7}$ de cette seconde série que la fraction différentielle présente le plus grand accroissement relatif, comme on peut s'en convaincre par le calcul.

31. M. Delbœuf (*) a publié de longues séries de nombres de kilogrammes obtenus successivement au dynamomètre par des efforts maxima. Or il est possible de prévoir dans les conditions normales, d'après le caractère rythmique ou non rythmique de la variation du travail musculaire par rapport au premier nombre, variation ramenée dans l'octave et mise sous la forme $\left(\frac{3}{2}\right)^{\pm n}$, l'accroissement ou la diminution de l'effort suivant; toutefois, les différences successives des nombres entre eux ne paraissent influer que peu sur les résultats, sans doute à cause de l'extrême complication qu'introduirait dans des processus aussi rapidement fatigants que les efforts musculaires la considération de ces différences. Voici des exemples empruntés aux débuts de séries : la première ligne présente les nombres de kilogrammes; la seconde, les quotients des nombres successifs par le premier nombre, réduits à l'octave, quand il est nécessaire; la troisième, les exposants de $\left(\frac{3}{2}\right)^{\pm 1,2,3,\dots 12}$ dont ces quotients sont le plus approchés. La table de la page 37 de *l'Introduction* à mon *Cercle chromatique* permet de juger le degré d'approximation. Quand il y a deux exposants, c'est le premier qui exprime la puissance la plus approchée.

I. 50	50	49	51	53	56	59	55	56	57
	1	1,958	1,01	1,06	1,12	1,18	1,10	1,12	1,14
	0	-12	$+12$	$\left\{\begin{matrix}+7\\-5\end{matrix}\right\}$	$+2$	$\left\{\begin{matrix}-3\\+9\end{matrix}\right\}$	-10	$+2$	$+2$

60	54	51	53	54	52	50
1,20	1,08	1,02	1,06	1,08	1,04	1
$+9$	$+7$	$+12$	$\left\{\begin{matrix}+7\\-5\end{matrix}\right\}$	$+7$	$\left\{\begin{matrix}-5\\+7\end{matrix}\right\}$	0

II. 64	62	60	55	58	58	62	61	61	60
	1.92	1.86	1.70	1.8	1.8	1.92	1.90	1.90	1.86
	$\left\{\begin{matrix}+5\\-7\end{matrix}\right\}$	-7	$+3$	$+10$	$+10$	$\left\{\begin{matrix}+5\\-7\end{matrix}\right\}$	$\left\{\begin{matrix}+5\\-7\end{matrix}\right\}$	$\left\{\begin{matrix}+5\\-7\end{matrix}\right\}$	-7

60	60	59	57	60
1.86	1.86	1.84	1.78	1.86
-7	-7	-7	-2	-7

Si l'on complète, ainsi que je l'ai fait, la détermination de l'exposant $\pm n$ par la détermination de l'exposant $\mp n'$ qui sommé avec n égale 12 et dont la valeur présente avec la première des différences numériques très faibles (celles que le tempérament musical identifie), on explique les

(*) *Éléments de psycho-physique générale et spéciale.* Paris, 1883, pp. 96 et suivantes.

quelques exceptions à la concordance vraiment remarquable de la théorie et de l'expérience que présentent ces séries et d'autres.

32. J'ai dit que si la forme affecte un caractère différent d'un point rayonnant, la sensation de forme est l'exemple de la variété des réactions de translation. Dans le cas du point rayonnant, il peut y avoir expression de la sensation, sans translation, simplement : 1° par des déplacements du rayon ; 2° par des variations de son étendue, celles-ci étant possibles par des rotations du centre sur lui-même et des inclinaisons sur l'horizon. Dans le premier cas, les règles de l'harmonie linéaire se confondent avec les règles des harmonies du cercle chromatique. Les oscillations du rapport des longueurs d'onde de couleurs complémentaires, déduites § 32 de l'*introduction* au *Cercle chromatique*, expliquent les erreurs d'appréciation linéaire et angulaire suivant la direction autour d'un centre et permettent de déduire de la moyenne de ces erreurs pour chaque angle un *comma angulaire*. On trouvera dans l'*Éducation du sens des formes* des figures différentes et apparemment égales, et réciproquement. Dans le deuxième cas, la courbure doit être estimée par les rayons vecteurs qui coïncident avec ses variations successives. Les arcs de cercle doivent être rythmiques, les rayons également. Centripètes, ces éléments se retranchent ; centrifuges, ils s'ajoutent ; ils sont comptés de droite à gauche en haut ; le premier élément est toujours positif. On retranche de la somme algébrique des arcs la somme algébrique des rayons ; la différence doit être rythmique. Ces règles s'appliquent dans les points d'embranchements et de fortes courbures des contours.

Les règles générales de l'esthétique des formes se déduisent facilement de leur mode convenable d'expression, la translation sur le contour, combiné avec le sens cyclique (de droite à gauche en haut) suggéré par le caractère de cette variété de sensations. Je renverrai pour l'énoncé de ces règles à mon mémoire : *Application de nouveaux instruments de précision (cercle chromatique, rapporteur et triple décimètre esthétiques) à l'archéologie,* Paris, E. Leroux, 1890.

33. Appelons *point cyclique* le point de la circonférence qui symbolise une couleur caractérisée par sa longueur d'onde, une odeur désignée par le produit de son coefficient odorant et de son temps de diffusion dans l'air, une saveur par le produit de son coefficient sapide et de son temps de diffusion dans l'eau. Appelons *point radial* le point du rayon qui symbolise les degrés de saturation du pigment, de la saveur, de l'odeur. Le premier point exprime ce que dans les couleurs on appelle la *teinte;* le second, ce que l'on appelle le *ton.* Ces définitions posées, sont *harmoniques* les successions d'excitants dont les points cycliques sont distants d'écarts rythmiques ; sont harmoniques les successions, avec le point central, de points radiaux dont les distances sur le rayon sont exprimées par des nombres rythmiques.

Notons les différences qui séparent la couleur pigment des saveurs et des odeurs. Tandis qu'il y a pour le pigment deux états qui le neutralisent : les proportions de blanc et de noir, il n'y a pour les saveurs et les odeurs qu'une condition : leur degré de dilution. Il n'y a donc pas dans les cercles symboliques de l'odorat et du goût de point neutre analogue au noir ; le degré de saturation de chaque odeur et de chaque saveur est marqué à l'extrémité du rayon. Tandis que la couleur est toujours située, les odeurs se situent très vaguement et les saveurs se localisent sur l'organe récepteur. L'intervalle des couleurs perçues comme contrastantes est une quinte; les odeurs et les saveurs ont des intervalles beaucoup plus grands.

La théorie conduit à énoncer cette règle : les nombres marquant les écarts des points cycliques s'ajoutent ou se retranchent suivant que l'angle le plus petit qui sépare les deux points est compté ou non dans le sens du cercle, c'est-à-dire de droite à gauche en haut ; les nombres marquant les distances des points radiaux s'ajoutent ou se retranchent suivant que le deuxième point est par rapport au précédent centrifuge ou centripète. La différence finale entre la somme algébrique des nombres marquant les écarts des points cycliques et la somme algébrique des nombres marquant les distances des points radiaux doit être rythmique.

34. Pour les odeurs et les saveurs il y a, comme pour la couleur, des mélanges. Lémery rapporte qu'un mélange de galbanum, de sagapenum, d'opoponax et de baume de Judée détermine une impression analogue à celle du musc et, cependant, chacune de ces gommes a une odeur spécifique et désagréable en elle-même. Chacun sait que le mélange d'un grand nombre d'odeurs est absolument neutre, bien analogue au gris ou au noir qui résulte du mélange d'un grand nombre de teintes. Dans le cas d'une succession de deux odeurs, saveurs, couleurs complexes, provenant de mélanges, il faut rapporter chacun de ces excitants complexes à l'excitant simple le plus ressemblant, évaluer l'écart cyclique et radial, puis rapporter chacun des excitants complexes aux excitants composants. L'écart des points cycliques et la distance des points radiaux symboliques des excitants complexes doivent être rythmiques ; rythmiques aussi les écarts des points cycliques et les distances des points radiaux symboliques des excitants simples. On voit comment le calcul tient compte de la différence des simultanéités auditives d'une part et des simultanéités chromatiques, odorales, saporales d'autre part; tandis qu'on peut toujours discerner dans un accord sonore les sons composants, on ne peut pas discerner dans une couleur, odeur, saveur complexe les éléments composants: les harmonies sonores s'expriment par des produits symboliques des opérations simultanées, tandis que dans les harmonies de la variété actuelle on ne tient compte des composantes que d'une manière secondaire, comme terme de correction pour le cas d'une analyse inconsciente du mélange.

35. Je renverrai à mon mémoire : *Application de nouveaux instruments de précision à l'archéologie*, pour l'énoncé des règles de la polychromie. Ce qui les complique dans le cas général est l'importance de la surface, l'influence réciproque des surfaces contiguës deux à deux dans un sens quelconque et, en conséquence, la nécessité du caractère rythmique de leurs écarts deux à deux sur le cercle et sur le rayon.

36. La réalisation des harmonies de sensations du type des réactions inhibitoires auxquelles se rattache le sens des températures est théoriquement plus facile. Il suffit que les nombres marquant les degrés physiologiques de température ou les fractions de ces unités naturelles soient rythmiques ; suivant que les nombres sont au-dessous ou au-dessus du zéro, ils se retranchent ou s'ajoutent, puisque le zéro conventionnel répond à une réalité physiologique.

37. Quelquefois, comme je viens d'en donner un exemple, les exigences du rythme sont difficiles à satisfaire ; d'autre part, il est utile de caractériser la nature du rythme et de préciser la part du contraste dans une succession quelconque d'excitants. Je vais définir à cette fin quelques nombres que j'appelle *indicateurs* et qui se multiplieront avec les développements de la théorie.

L'*indicateur de l'écart* est la moyenne arithmétique des différences d'un nombre avec les nombres rythmiques les plus rapprochés entre lesquels il est compris.

L'*indicateur de dynamogénie* est le rapport de la quantité des nombres rythmiques à la quantité totale des nombres.

L'*indicateur d'inhibition* est le rapport de la quantité des nombres non rythmiques à la quantité totale des nombres.

L'*indicateur de contraste* est le rapport de la quantité des excitants à écarts positifs à la quantité des excitants à écarts négatifs.

L'*indicateur d'acuité* est : pour les angles, la moyenne arithmétique des nombres indiquant les écarts ; pour les mesures, l'inverse de la moyenne arithmétique des nombres.

L'*indicateur de diversité* est le rapport de la quantité des nombres différents au total des nombres.

L'*indicateur de complication* est le rapport de la quantité des nombres fractionnaires à la quantité totale des nombres.

L'*indicateur de variété* est le rapport de la somme des nombres des groupes de 1, 2, 3... *n* chiffres identiques au nombre total des chiffres.

Il est enfin deux indicateurs spéciaux à la sensation de pigment et qui peuvent s'appeler *indicateurs d'objectivité*. Le cercle chromatique est l'association de certaines couleurs définies par leur longueur d'onde avec certaines directions ; c'est la notation subjective de la sensation par la fonction de contraste. On pourrait constituer un *cercle œsthésiométrique* des

couleurs qui représenterait par des écarts proportionnels les différents rapports entre les dynamogénies des couleurs et noterait les suggestions de variations de direction par les variations de travail physiologique correspondant. S'il y a dans une polychromie une disposition des couleurs différente de celle impliquée par la notation subjective et la suggestion, il y a là évidemment l'indice d'un état plus objectif de l'artiste. Les indicateurs d'objectivité sont les écarts des directions assignées dans la polychromie avec les directions symboliques naturelles, mesurés par le plus court chemin sur les cercles chromatiques et marqués de + ou de — suivant que ces angles sont dans le sens des cercles chromatiques de gauche à droite à partir du haut ou en sens contraire. On appellerait : *primaire*, l'écart compté sur le cercle chromatique de contraste ; *secondaire*, l'écart compté sur le cercle æsthésiométrique.

38. Les cercles symboliques de chaque sensation, établis rigoureusement pour les sensations auditive et chromatique, se construiront facilement pour les autres sensations par le même procédé, c'est-à-dire en déterminant les limites à partir desquelles les excitants ne sont plus perçus comme différents. En dehors de ces limites, la symbolique des excitants ne peut avoir d'intérêt que pour les restitutions des calculs inconscients et instinctifs.

39. De même que les excitants d'une sensation sont inégalement dynamogènes, les sensations sont inégalement dynamogènes les unes par rapport aux autres. Ce sont les températures qui influent le plus énergiquement sur la vie. Les odeurs et les saveurs produisent des phénomènes physiologiques beaucoup plus intenses que les sons, et ceux-ci, des phénomènes plus intenses que les formes et les couleurs. L'ordre dans lequel il faut ranger les minima perceptibles de l'excitant le plus dynamogène de chaque ordre de sensation peut être déterminé par l'expérience. Tandis qu'un seul plan suffit à la représentation de toutes les variations du travail physiologique, puisque les directions symbolisent toutes les variations possibles de travail, il est impossible de déformer sur un seul cycle les cycles de représentation de chaque sensation, puisque ces procédés de représentation sont irréductibles les uns aux autres. Les plans symboliques des diverses sensations seront situés d'arrière en avant ou d'avant en arrière, suivant leur degré de dynamogénie ou d'inhibition. On conçoit que, contrairement à la règle pour un même cercle ou pour deux cercles de même sens, dans les successions d'excitants de sensations différentes marqués sur des cercles de sens cycliques différents, l'écart d'un point du second cercle par rapport au point du premier se comptera positivement ou négativement, selon qu'il est plus petit ou plus grand qu'une demi-circonférence.

Les cycles de représentation n'ayant de commun que l'élément cyclique indépendant de tout rayon, pour pouvoir résoudre le problème des harmo-

nies de différentes sensations il faut transformer tout point radial en point cyclique. Cette opération reviendra à transformer tout élément de *mesure*, que cette mesure soit comptée sur le rayon ou en arcs de cercle successifs, en un élément rythme qui serait la section de circonférence correspondant à l'inverse du nombre considéré et comptée à partir du point symbolique de la sensation précédente. Le problème des harmonies de sensations différentes revient au problème des harmonies d'une sensation particulière, avec cette différence qu'il faut introduire un nombre dépendant de la distance des plans de représentation parallèles, positif ou négatif, suivant que le sens est d'arrière en avant ou d'avant en arrière, et qui doit être lui-même rythmique.

V

40. Jusqu'ici il a été surtout question de représentations de l'objectif en vertu de la fonction de contraste. Mais il faut bien distinguer cette notation des réactions subjectives correspondantes. Nous savons que les points dirigés de droite à gauche à partir du haut marquent les différents degrés de l'inhibition et de la dynamogénie. Or il est bien évident que le cercle chromatique, par exemple, ne range pas les couleurs dans l'ordre de leur inhibition ou de leur dynamogénie croissante. Il suffit de se rappeler les définitions et le caractère du rythme et de la mesure pour voir qu'une couleur, caractérisée par un nombre, ne sera pas nécessairement plus dynamogène qu'une couleur caractérisée par un nombre inférieur, quoique, d'une manière générale, les couleurs caractérisées par les plus grandes longueurs d'onde ou les nombres de vibrations plus petits dans l'unité de temps soient les plus dynamogènes de la sensation. Quelle est la forme de cette fonction de dynamogénie et d'inhibition ?

La mesure revient au rythme et le rythme est le caractère des changements de direction symboliques qui déterminent sur la circonférence des arcs sous-tendus par les côtés de polygones réguliers inscriptibles par le compas. Plus, jusqu'à une certaine limite qui dépend du degré d'évolution du sujet, le nombre des côtés augmente, plus il y a rythme, plus il y a dynamogénie. Il en résulte que la mesure symbolique de la dynamogénie est le travail exécuté dans l'unité de temps par l'être vivant pour l'inscription de chaque polygone régulier. Il y a non-rythme ou inhibition, quand les changements de direction symboliques déterminent sur la circonférence des arcs sous-tendus par des côtés de polygones réguliers non inscriptibles par le compas. Plus le nombre des côtés augmente, plus il y a non-rythme ou inhibition. La mesure symbolique de l'inhibition est donc le travail qu'exécuterait dans l'unité de temps un compas composé, capable de tracer d'une manière continue des sections coniques et, par conséquent, d'inscrire rigoureusement chaque polygone régulier par l'intersection d'une conique, soit une parabole, et d'un cercle. Ce

travail étant impossible au mécanisme de notre être se représentera par une diminution équivalente dans le travail actuel, d'après ce principe que l'idée d'impossibilité s'exprime par une impossibilité. Toutes les équations dont dépendent ces constructions peuvent se ramener à des équations du troisième degré, ne différant que par les coefficients qui font changer seulement le cercle. On peut donc évaluer une fois pour toutes le travail de construction d'une parabole ; le cercle pouvant être tracé par l'être simplifié, il en résultera des travaux plus ou moins grands, suivant le rayon, qui devront se retrancher du travail négatif correspondant à la construction de la parabole. On peut concevoir ainsi des cas particuliers dans lesquels l'inhibition serait nulle, et même négative, et présenterait, avec la dynamogénie d'un rythme, une différence très faible : c'est ce que l'expérience a vérifié parfois.

En résumé, on pourra construire cette fonction en recherchant d'abord les constructions les plus simples possible dans les deux cas. On obtiendra ainsi, en portant sur des ordonnées négatives l'inhibition, sur des ordonnées positives la dynamogénie, sur l'abscisse la suite des nombres marquant les inverses des sections de la circonférence et en reliant par des droites les points de rencontre des perpendiculaires abaissées sur ces points, une ligne brisée très accidentée. Il suffira d'établir, par l'expérience, le travail en un certain temps marqué par l'ordonnée x et correspondant à la perception du rythme marqué par l'abscisse y pour en déduire par l'ordonnée x' le travail correspondant à l'excitation y' marquée sur l'abscisse.

41. C'est par des applications de cette formule et des essais qu'il sera possible de débrouiller les influences réciproques des fonctions physiologiques les unes sur les autres, de définir le travail normal de chaque fonction et de déduire les influences inhibitoires ou dynamogènes sur les autres fonctions des accroissements successifs ou simultanés de la fonction considérée. Mais il est inutile de pousser plus avant l'énumération des conséquences auxquelles peut conduire cette méthode. Par définition, aucun problème physiologique n'est étranger à mon être simplifié ; on peut même dire que tous les problèmes sont solidaires des lois de sa représentation, puisqu'il doit pénétrer dans la chimie par les problèmes de toxicologie que résout l'instinct, — dans la physique par la symbolique des forces physiques qu'il dégage et dont il doit, pour vivre, doser les modifications, — dans les mathématiques par ses calculs inconscients, si remarquables dans la construction des alvéoles des abeilles. Ce qui paraît acquis, c'est la réalité d'une loi générale, qui permet de prévoir le sens des réactions psycho-motrices et qui revêt quatre formes bien distinctes dans ces quatre types de sensations :

A. Sensations de son, de lumière, de pression, de travail ;

B. Sensations de pigment, d'odeur et de saveur ;

C. Sensations de forme ;

D. Sensations de température.

Le dynamomètre a offert pour l'homme des vérifications remarquables de la théorie dans les cas de la vision des directions et de la sensation de l'effort musculaire. Les températures non rythmiques déterminent des inhibitions qui pourront être rigoureusement mesurées. Les formes et les polychromies, construites ou non suivant les lois du rythme et de la mesure, ont été *toujours* jugées satisfaisantes ou non par les sujets normaux et droitiers. Quand les réactions ont été nulles ou de sens contraire (à peu près sept fois sur cent), le dynamomètre venait indiquer de la gaucherie ou une force très faible inférieure de 8 à 10 kilos au chiffre de 30 kilos pour les muscles fléchisseurs de la main droite), par conséquent une inhibition générale relative, ou bien je parvenais, par quelques expériences simples, à démontrer, chez les sujets en question, une perversion plus ou moins totale des illusions d'optique et, par conséquent, une impossibilité d'apprécier les rythmes, puisque les corrections inconscientes s'appliquaient chez eux à des déformations anormales du contraste. Dans tous les cas, les divers degrés des préférences et des aversions sont toujours précisables par des nombres. L'influence si remarquable de la couleur sur le tracé de la direction, les modifications que j'ai pu obtenir de l'irradiation, le calcul des intervalles des complémentaires chromatiques, la détermination des illusions normales dans l'appréciation des angles et des longueurs suivant la direction, les coïncidences frappantes des déductions de la théorie avec les faits musicaux les plus délicats, enfin la possibilité de retrouver par ces *mathématiques de convenance* (qui sont, pour l'être considéré, des nécessités de représentation) des constantes et des formules mathématiques ou physiques me paraissent recommander à l'attention des savants cette doctrine, dont le principe est un fait d'expérience, dont les postulats sont des faits d'expérience généralisés et dont la méthode est le classique procédé de déduction adapté aux exigences du sujet : l'intelligence et la vie.

P. S. — Le thermomètre physiologique, dont la théorie est exposée au § 27 du présent mémoire, vient d'être construit, sous la double forme d'un thermomètre étalon de 0° à 100° et d'un thermomètre médical, par la Société centrale des produits chimiques, 42-44, rue des Écoles, à Paris.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 11052-5-90.

ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

EXTRAIT DES STATUTS ET RÈGLEMENT

STATUTS

Art. 4. — L'Association se compose de membres fondateurs et de membres ordinaires; les uns et les autres sont admis, sur leur demande, par le Conseil.

Art. 6. — Sont membres fondateurs les personnes qui auront souscrit, à une époque quelconque, une ou plusieurs parts du capital social : ces parts sont de 500 francs.

Art. 7. — Tous les membres jouissent des mêmes droits. Toutefois, les noms des membres fondateurs figurent perpétuellement en tête des listes alphabétiques, et les membres reçoivent gratuitement, pendant toute leur vie, autant d'exemplaires des publications de l'Association qu'ils ont souscrit de parts du capital social.

RÈGLEMENT

Art. 1er. — Le taux de la cotisation annuelle des membres non fondateurs est fixé à 20 francs.

Art. 2. — Tout membre a le droit de racheter ses cotisations à venir en versant, une fois pour toutes, la somme de 200 francs. Il devient ainsi membre à vie.

Les membres ayant racheté leurs cotisations pourront devenir membres fondateurs en versant une somme complémentaire de 300 francs. Il sera loisible de racheter les cotisations par deux versements annuels consécutifs de 100 francs.

La liste alphabétique des membres à vie est publiée en tête de chaque volume, immédiatement après la liste des membres fondateurs.

Les souscriptions des membres fondateurs peuvent être versées en une seule fois ou en deux versements de 250 francs chacun.

Les souscriptions sont reçues :

Au Secrétariat, à l'Hôtel des Sociétés savantes, 28, rue Serpente, à Paris.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 11.054-5-90.